الاكتشافات الكبيرة

سلسلة من كل علم خبر

من الحرف اليدوية إلى الصناعة

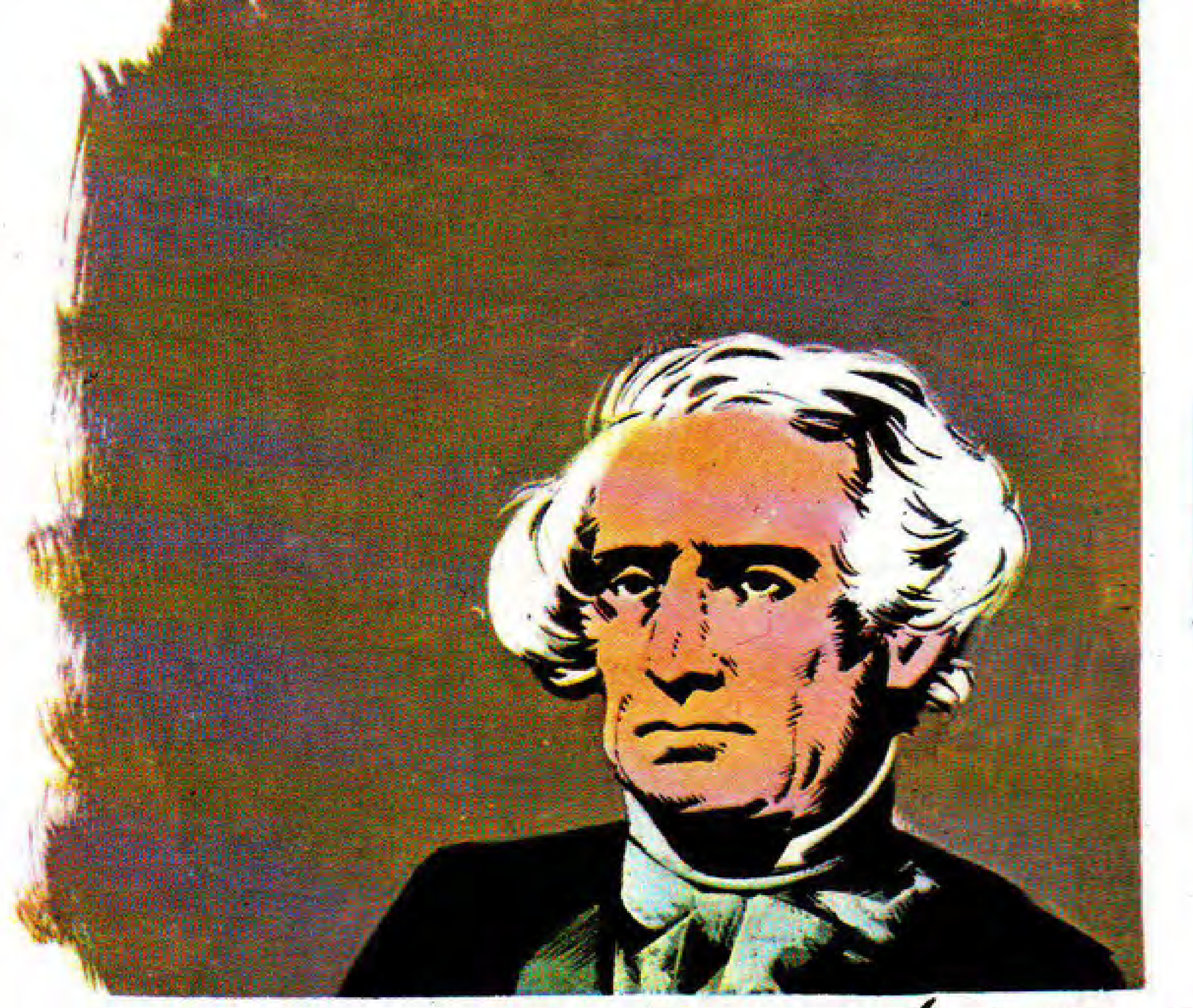
(١٦)

- التلغراف الكهربائي يخترعه رسّام
- آلة الخياطة
- عدسة التصوير تنفتح على كل شيء



منشورات مكتبة سمير
شارع غورو - بيروت
تلفون ٢٢٦٠٨٥-٢٣٨١٨١

Les Grandes Inventions
F. Lot
Librairie Hachette



وجه « صموئيل فِنلي بريز مُورس » الجميل النشيط ، الذي اشتهر كرسّام ، قبل أن يغدُوَ صاحبَ اختراع سيُكسبه إعجابَ العالم وشكرَه .

التلغراف الكهربائي يخترعه رسّام في رحلة استجمام بحريّة

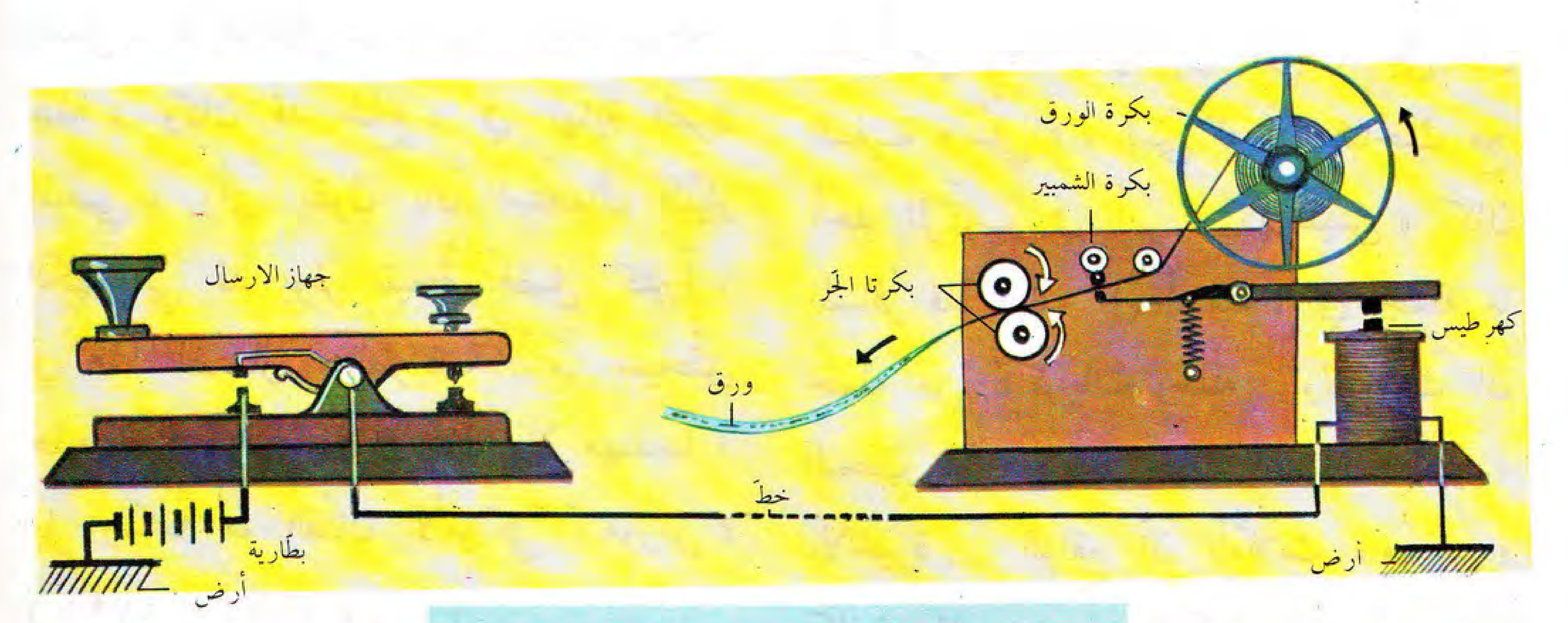
إنّ جهازَ إبراقٍ يعتمد[1] الإشارات البَصَريَّة ، كجهاز « شاب » ، كان في الحقيقة مُجدِياً[2] ، ولكنْ ما كان بوسعه العمل ، الاّ إذا توفّرت له شروطُ رؤية صالحة. هذا ، وكان قد شاع ، في نهاية القرن الماضي ، رأيٌ يقول بانّ استعمال التيّار الكهربائيّ قد يوفرّ نتيجةً أفضل كثيراً ، في هذا المضمار . والطريفُ أنّ مَن سيحقّق هذه الفكرة لن يكون عالماً ولا مهندساً ، بل رسّاماً هو الفنّان الأميركيّ « مورس » (١٧٩١ – ١٨٧٢) .

بعدما درس « مورس » فنَّ الرسم في لندن ، حيث أكسبَتْه لوحتُه « موت هِرَقل » وساماً ذهبيّاً ، أسَّس في نيويورك « أكاديميّة التصميم الوطنيّة » . وفيما كان الرسّام عائداً من رحلة ثانيّة إلى اوربّا ، على متن السفينة « سُلِّي » ، تسنَّى له أن يتباحث مع أحدِ الركّاب في أمر « كهرطيس » كان المسافرُ قد ضمّه الى أمتعته ، في جملة ما حمله من ذكريات رحلته . ولا شكّ انَّ البحث دار بينهما حول أعمال « أَمبير » الأخيرة ... الواقع أنّ تأمُّلاتِ « مورس » كانت تدور حول الفكرة التاليــة : « إذا كنّا نستطيع أَن نـلاحـظ وجـودَ الكهرباء.

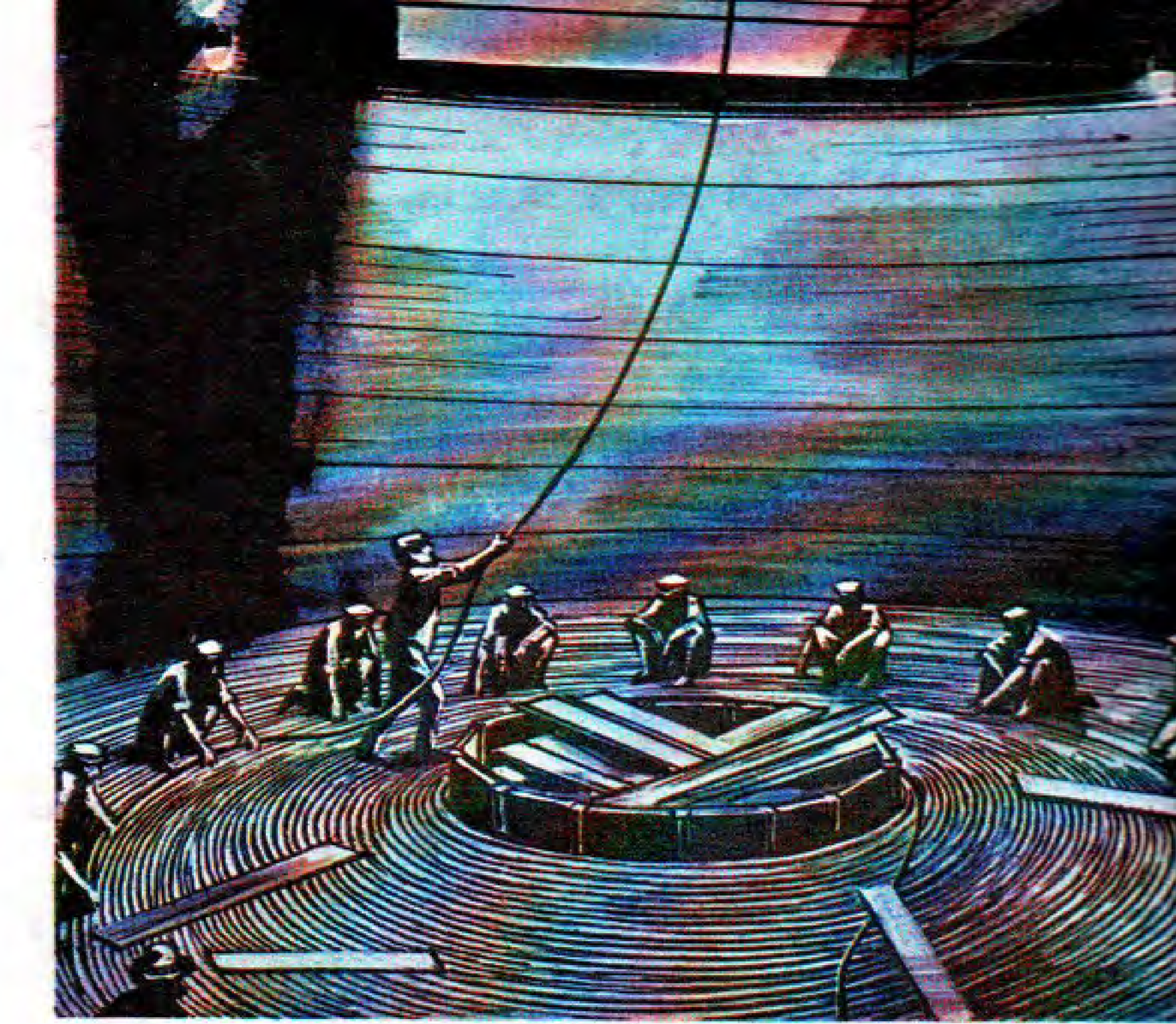
في موضعٍ ما من الدورة ، فنقلُ الفكرة مباشرةً بواسطة الكهرباء أمرٌ ممكن » ... وما أتى اليوم التالي ، حتّى أعلن « مورس » لقبطان الباخرة : « عندما سيبلغك خبرُ اكتشاف التلغراف الكهربائي ، تَذَكَّر أنّ هذا الإكتشاف قد تمّ على متن « السلّي » بتاريخ ١٤ تشرين الأوّل ١٨٣٢ ! » ولم تبلغ الرحلةُ نهايتَها ، حتّى كان « مورس » قد وضع المبادىء العامّة لإكتشافه .

عندما وصل « مورس » إلى أميركا ، لم يكن عليه الاّ أن يُركِبّ جهازَيْ الإرسال والاستقبال اللذَين كان قد وضع تصميمهما على أوراقه . ولم يتيسّر له ذلك بسهولة ، لأنّ امكاناتِه المادّيةَ كانت بسيطة ، وما كان أحدٌ من الناس يُمِدُّه[٣] بالعون . فما استطاع أن يقوم بأُولى اختبارات جهازِه ، الاّ بعدَ مرور سنوات خمس ، فارسل برقيّته التاريخيّة الشهيرة : « تَنَبَّهْ أيُّها الكون » .

الاّ أنّ الحكومة الأميركيّة استقبلت اختراع « مورس » بفتور ، ولم تصادفْ مساعيه في أوربا غيرَ الخيبة . ثم بَسِمَ له الحظ أخيراً ، فحصل اختراعُه على براءَته[٤] ، وحصل هو على اعتمادات[٥] ماليّة خاصّة مكّنته من إنشاء خطٍّ برقيّ جرت تجربتُه في ٢٤ آيار ١٨٤٤ ، إذ أرسل برقيّته الثانية الشهيرة من « واشنطن » إلى « بَلِتمور » ، وقد اختارها



صورة بيانيّة لجهاز التلغراف بقسمَيْه المرسِل واللاقط المسجِّل . إنّه غاية في البساطة .



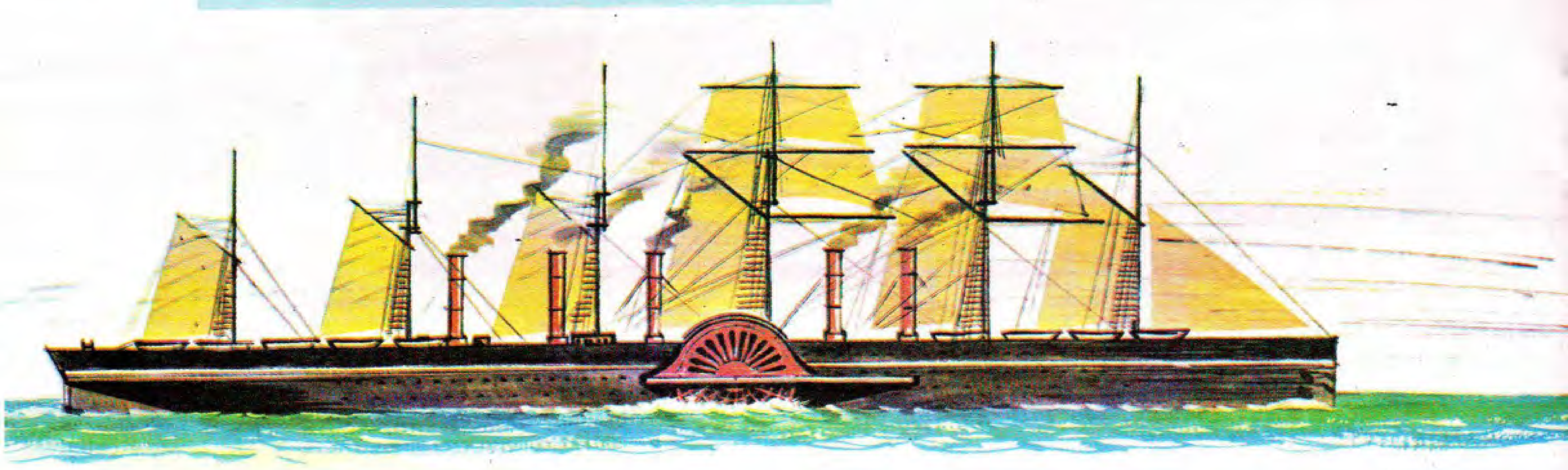
A ·—	B —···	C —·—·	D —··
E ·	F ··—·	G ——·	H ····
I ··	J ·———	K —·—	L ·—··
M ——	N —·	O ———	P ·——·
Q ——·—	R ·—·	S ···	T —
U ··—	V ···—	W ·——	X —··—
Y —·——	Z ——··	1 ·————	2 ··———
3 ···——	4 ····—	5 ·····	6 —····
7 ——···	8 ———··	9 ————·	0 —————

أبجديّـة « مورس » .
مشهد الكابل الملفوف في جوف السفينة وقد هُيِّيء خصِّيصاً لهذا الغرض .

بطريق الصدفة من الكتاب المقدّس ، وهي تقول : « ماذا خَلَقَ الله ؟ »

كان ارسالُ البرقيَّة يقتضي اللجوءَ إلى جهاز الإرسال المتَّصل بالخط ، وهو مؤلف من شفرة معدنيّة ذاتِ رأس محدَّد مواجهٍ لمسمار معدِنيّ أيضاً . فما تُضغَطُ الشفرةُ حتّى يلامِسَ الرأسُ المسمارَ وينتقلَ التيّارُ في دارته . وكان الجهاز اللاقط مؤلفاً من كهرطيس كلَّما مرّ فيه التيَّار ، ضَغَط بقلم (أو بريشة فيما بعد) ، على شريط من ورق تكرُّره حركةٌ منتظمة . وكان القلم يترك على الشريط ، وَفقاً لطول فترة مرور التيار أو قصرِها ، خطّاً صغيراً أو نقطة . أمّا فكرة المجموعات التي إِئْتلفت فيها مجموعاتُ الإشارات الطويلة والقصيرة ، فقد استمدّها « مورس » من صديقه

سفينـة « غريت إيسترن » التي مدّت عام ١٨٦٦ أوّلَ كابل بحريّ بين أميركا واوربا .



« ڤيـل » ، فشكَّلت الأبجديّة الشهيرة التي حملت اسمَـه وما زالت مستعملَةً حتى اليوم .

أوّلُ ما وُضِع تلغراف « مورس » في الخدمة في اوربا ، في النمسا وبروسيا وسويسرا . وتبنّتـه فرنسا عام ١٨٥٦ . ولقد امتدّت « بمورس » سنُّه حتّى حضر سنة ١٨٦٦ نجاحَ أوّل كابل بحريّ عَبَر المحيط الأطلسيّ ، كما حضر تدشينَ التمثال الذي نُصب له في حديقة « سنترال بارك » ، في نيويورك . وما بلغ القرنُ التاسع عشر نهايتَـه ، حتى كانت شبكةٌ كثيفة من الكابلات البرقيّة تمتدّ عبرَ العالم بأَسره .

ومنذ عهد « مورس » ، أُدخِلت على التلغراف تحسينات كثيرة ، أهمُّها تلك التي حقَّقها « جان بُودو » ، والتي انتهت بالطابعة الحديثة المسيَّرة من بعد (التيلكس) .

التفسير

١ – يَعتمِد : يستعمـل .
٢ – مجدياً : نافعاً .
٣ – يُمدُّ بالعَون : يقدِّم له المساعـدة .
٤ – براءَة اختراع : اعتراف رسميّ .
٥ – اعتمادات : مساعدات ماليّـة مرصودة لمشروع .

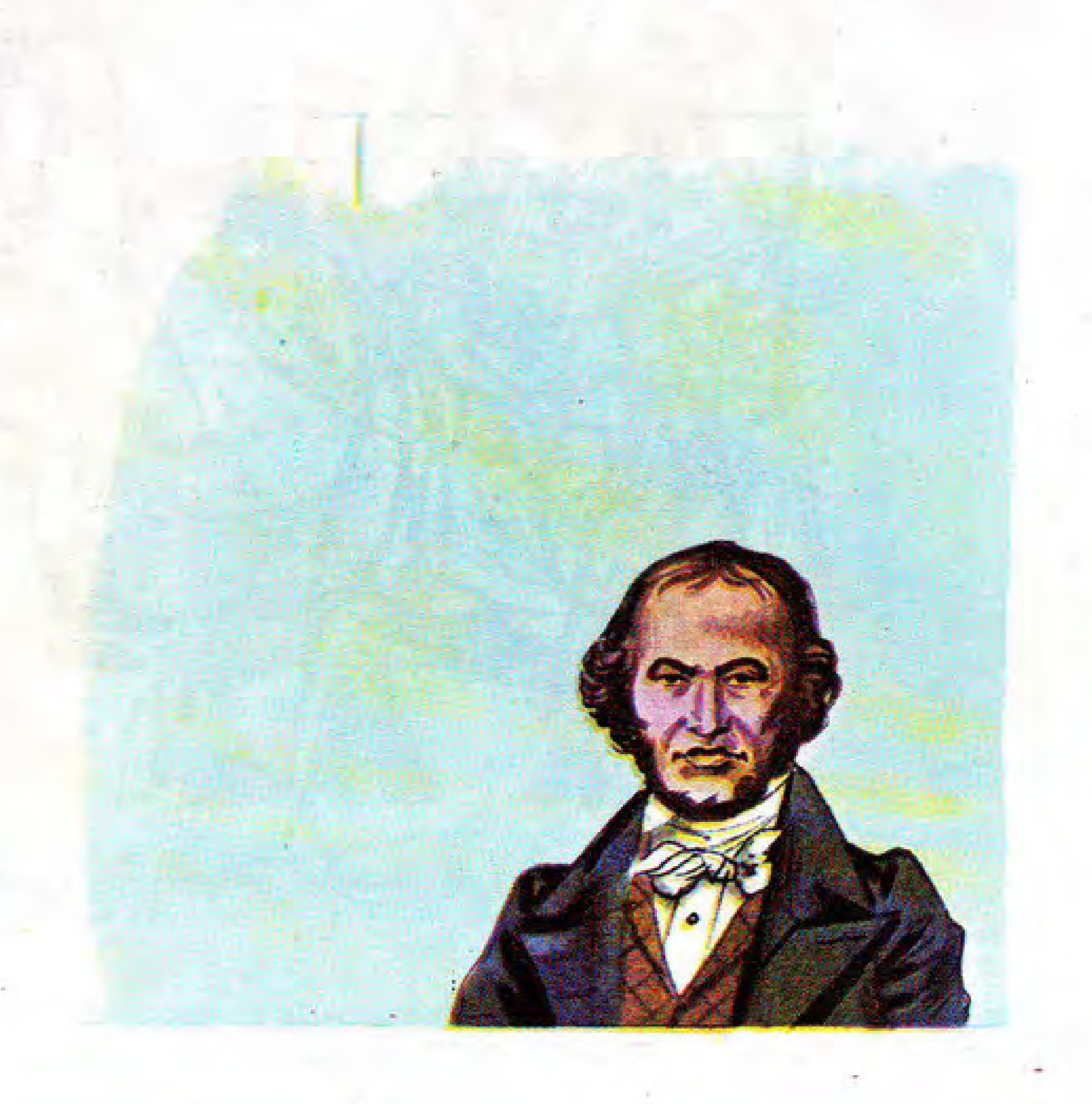
الاسئلة

١ – ماذا كان يفرض جهاز « شاب » البصريّ ؟
٢ – هل كان « مورس » عالماً أو مهندساً ؟
٣ – أين ومتى خطرت له فكرة استخدام التيار الكهربائي لنقل الوسائـل ؟
٤ – ما هي أوّل برقية نقلها على جهازه !
٥ – ممّ يتركّب جهاز « مورس » التلغرافي ؟
٦ – مَن هو واضع أبجديّة مورس ؟

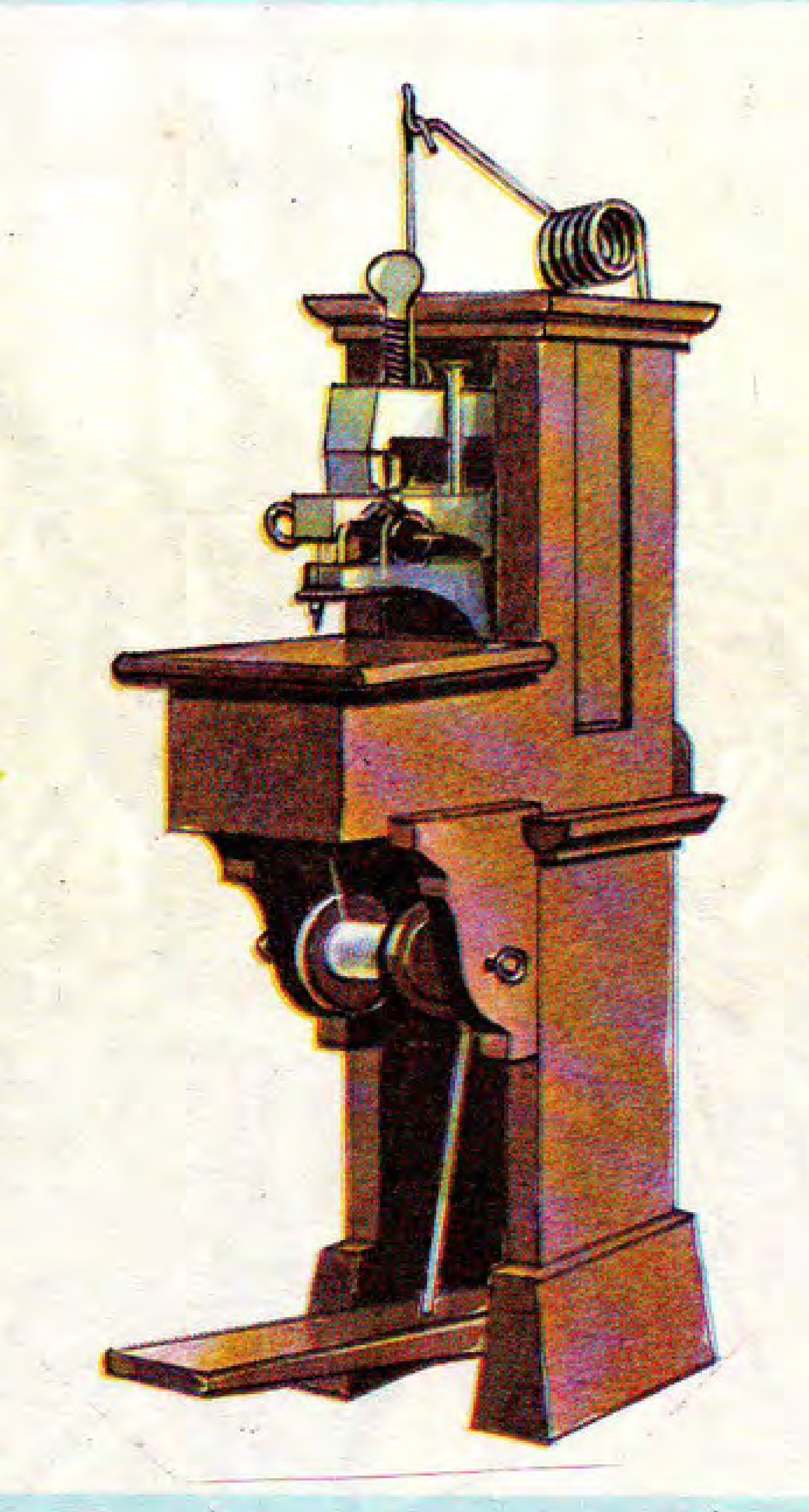
آلة الخياطة

كان اختراعُ آلةٍ قادرة على الخياطة بذاتها ، حلُماً طالما دغدغَ مخيِّلاتِ البعض ، في مَطلع القرنِ التاسعَ عشر . ولقد حصل أحدُهم عامَ ١٨٠٤ ، على براءَة (١) لآلة من هذا النوع ، ولكنَّ مشروعَه لم يَنجح . ثمَّ حُسِّنَت هذه الآلةُ بعدَ ثلاثين سنة ، باستعمال إبرة حادَّة الطرفَين مثقوبةِ الوسَط ؛ فصُنِع منها آلةٌ للتطريز ، لا تَصلُح للاستعمال إلاّ في مَشغل (٢) : لأنّها كانت تَشمَلُ جهازاً من الإِبَر النقّالة التي يوجِّهها مستنسِخٌ (٣) آليّ ، يمكِّنها من إعادة رسم التطريز ؛ ولأنّ تشغيلَها يتَطلَّبُ عدَداً من العامِلات .

أمّا آلةُ الخياطة الفَرديّة ، فقد قدَّمها لنا خيّاط بسيط من سكّان « أمبَلي » ، هو « بَرتلِمي تيمونييه » (٢٧٩٣ – ١٨٥٧) ؛ ولقد بناها أوّلَ الأمر بكاملها تقريباً ، من الخشب ؛ ودعاها « الخائِطة – المُطرِّزة » . كانت إبرتُها على شكل صنّارة التطريز . وكانت تتحرَّك عموديّاً من أعلى الى أسفل ، فتمرّ خلالَ ثقبٍ مفتوح في اللوحة التي



« برتلمي تيمونييه » : نظرة متأمِّله مُركَّزة ، ربّما على إمكانات اختراعِه المستقبليّــة ...



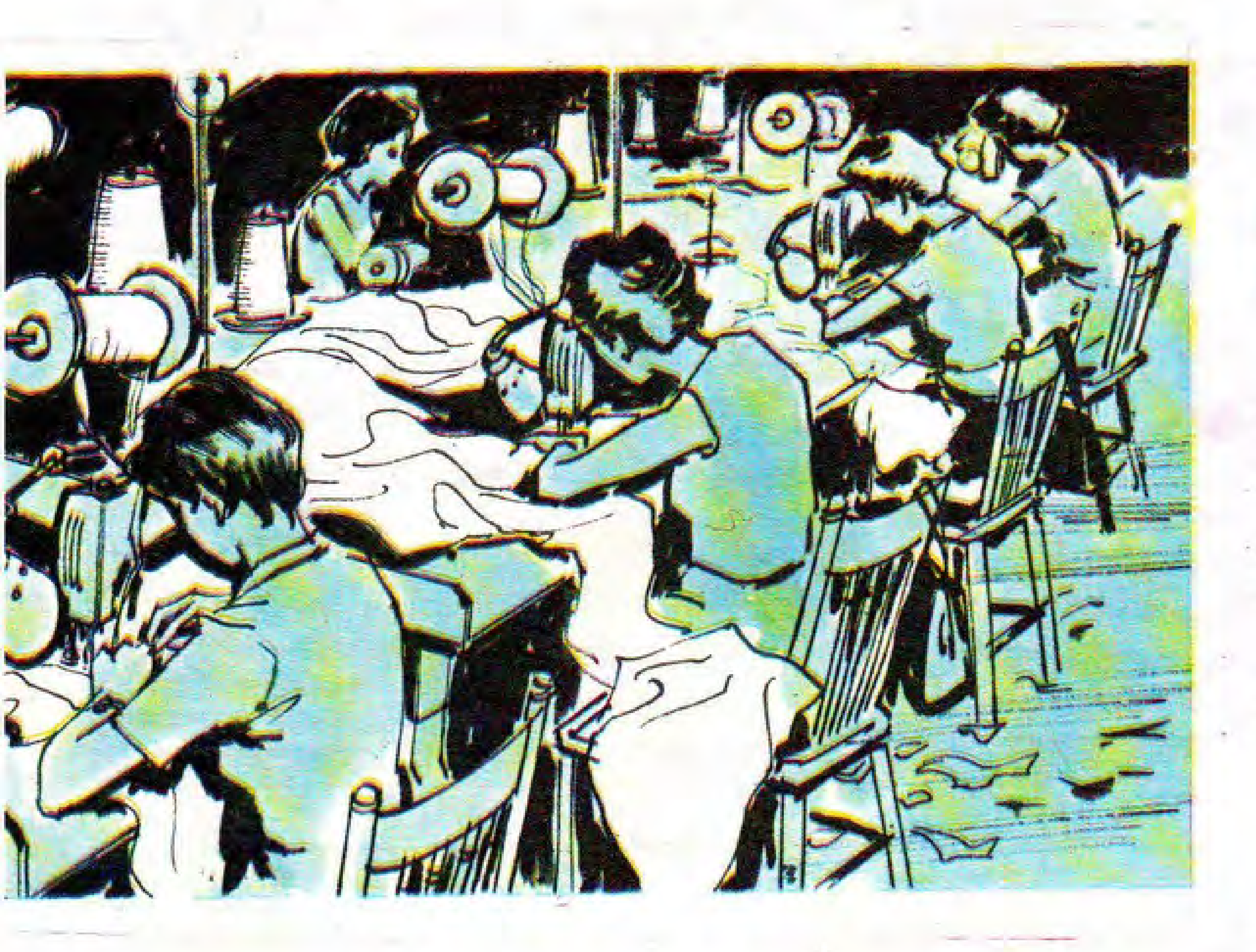
« الخائطة – المُطرِّزة » الاولى التي صنعها « تيمونييه » .

تحمل القماش ، والتي كان يَمتدُّ تحتَها خيطٌ أُفُقيّ . كانت الإبرة ، متى نزلَتْ ، تخترقُ النسيج وتعلَق بالخيط الممدود تحت اللَوحة ، لتعودَ به معقوفاً بشكل حلْقة ، إلى ما فوقَ النسيج . وعندما كانت الإبرة تعود إلى الهبوط ، كانت تصنع مع هذه الحَلقة « قُطبَةَ السُلَيسِله » . وكانت هذه القُطبة تُعقَدُ تحت اللَوحة ، بواسطة قضيب



صورة آلة الخياطة البيتيّــة المعروفة ، بين ١٩٠٠ و ١٩٣٠

عاش « تيموتييه » أيّاماً عصيبة ، كغيره من المجدِّدين الذين ظهرت اختراعاتُهم وكأنَّها تهدِّد أرزاق العمّال الذين خافوا أن تحلَّ الآلة محلَّهم لترميَهم في أحضان البطالة . مشغل تيمونييه ، عام ١٨٣١ وقد عاث فيه عمّال الخياطة فساداً وتدميراً .



آلات الخياطة الحديثة ، في مصنع للثياب الداخليّة .

عموديّ صغير ، في رأسه الأعلى عينٌ يمرّ فيها الخيط . وكان هذا القضيب يقومُ بدورةٍ كاملة حولَ الإبرة ، عندما تكون الإبرة في أدنى (٤) نقطة من هُبوطها .

لم يَكن « تيمونييه » ميكانيكيّاً الا بالهوى والخيال ؛ ولذلك استعان « بفِرّان » ، مدرِّب مدرسة المناجم في « سان إتيان » ، لصُنع النَموذج الأوّل ، الذي نالَ براءَتَه سنة ١٨٣٠ . بَقِيَ للآلة أن تُنتَجَ صناعيّاً وأنْ تَنتَشر ، الأمرُ الذي كان المخترع يعتبرُه مأثَرةً (٥) كبيرة ، لاحدَّ لمنافِعها على الصعيد الإقتصاديّ . ولقد كان يقول : « ما هو مصيرُ آلة الحياكة هذه ؟ لست أدْري . ولكن لو سُمِح لي أن آمل منها توفيرَ فَرنكٍ واحد في السنة ، مقابِلَ خياطةِ الثياب الخارجيّة والداخليّة الخاصَّة بكل فرد ، لَوَفَّرتُ لبلادي عملاً سنويّاً يُساوي ٣٣ مليون فرنك ؛ ولو أُنفِقَ هذا المَبلغ على صناعات أخرى ، لزادت الثروةُ القوميّة بما يُعادله ... »

ولكن ، وللأَسف الشديد ، ما كان عمَّالُ الخياطة في باريس ، يشاطِرون (٦) المخترِعَ أفكارَه الكريمة تلك . فقد اعتبروا هذه الآلة خطراً على أرزاقهم ، فانقضّوا (٧) على آلات الخياطة الأُولى يحطّمونها ، وكادوا يحطِّمون « تيموننييه » نفسه ، لو لم يَلجأ إلى الهرب . ولّما عاد إلى بَلدتِه « أمبَلبي » ، عاشَ من اللَمَّات التي كان يجمعُها ، كلَّما عرَض آلة الخياطة الأولى التي احتفظ بها ، على جماهير المتفرّجين ، الى أن مدّ له يدَ المعونة أَحدُ صُنَّاع مدينة « ليون » .

في أثناءِ ذلك ، كان قد تحقّق في

الولايات المتّحدة تقدّمٌ حاسم[٨] ، وذلك بفضل جهاز « قُطبة المكّوك » الذي تمكّن من عَقدِ الخيط لدى كلِّ قُطبة بحيث إذا انقطع الخيط ، لم تَعُدِ القُطَب كلُّها تنحلُّ ، على غِرار ما كان يحدث « لقطبة السُلَيْسِلة » .

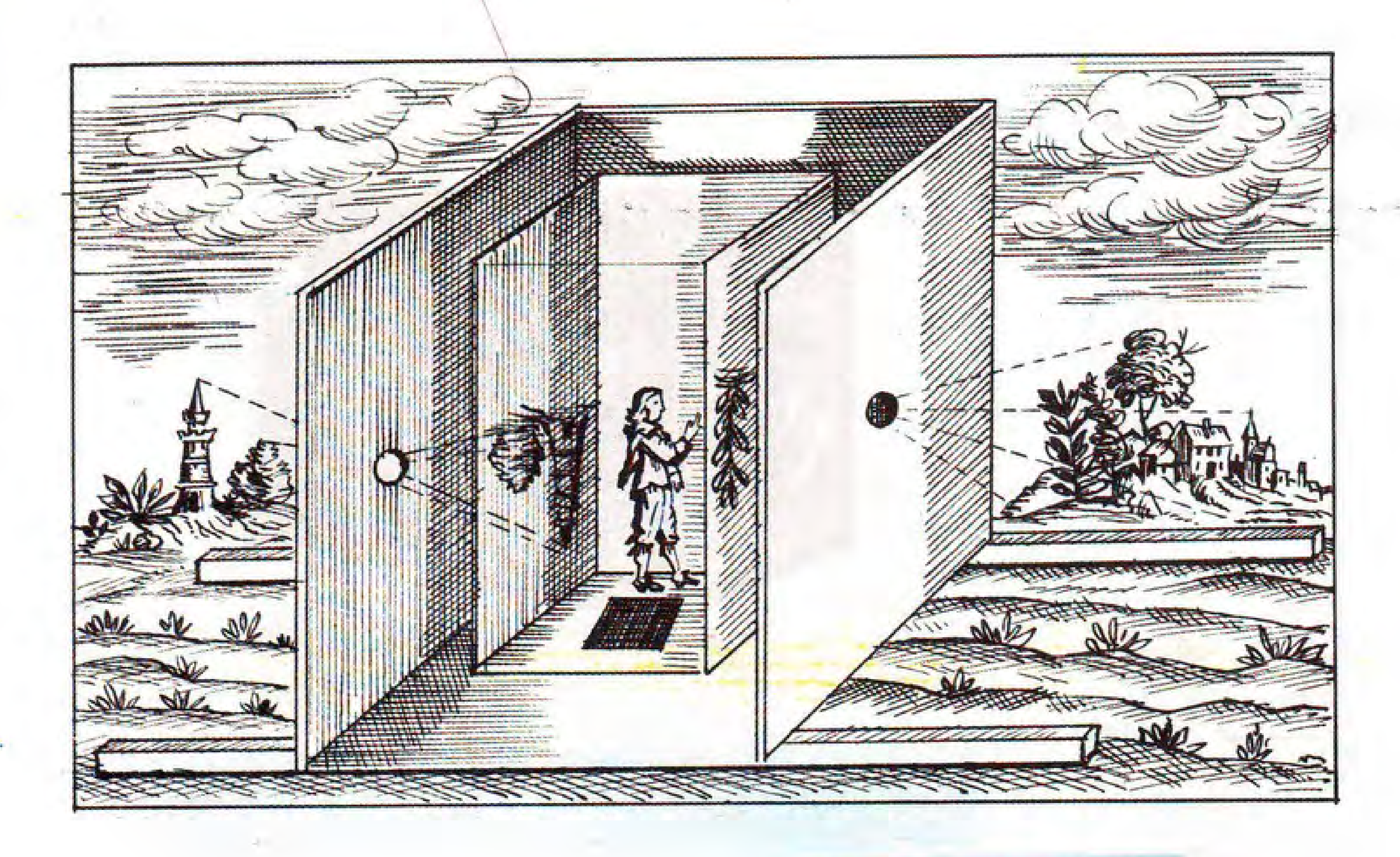
أمّا اليوم ، فعدد آلات الخياطة التي تعمل ناشطة في العالم ، لا يُحصى . بعضها صناعيّ مختصّ بخياطة الأنسجة أو الجلود ، وبعضُها الآخر عائليّ يُفيد من التحسينات التي تَطرأ في كلِّ عام .

التفسير

١ – براءَة : شهادة رسميّة تُعطى لتسجيل اختراع .
٢ – مَشغل : مكان الشغل والعمل .
٣ – مُستَنْسِخ آليّ : آلة ميكانيكيّة تُستعمل في نسخ الرسوم .
٤ – أدنى نقطة : أوطأُ نُقطة ، أحطُّ نقطة .
٥ – مأثرة : عمل كبير مشكور .
٦ – شاطرَ : شارك ، قاسَمَ .
٧ – انقضّوا على : هجموا على ...
٨ – تقدُّم حاسِم : تقدُّم بارز ، نهائيّ .

الاسئلة

١ – كيف كانت إبرة آلة التطريز الأولى ؟
٢ – لماذا لم تكن آلة التطريز هذه صالحة إلاّ لَمشغل ؟
٣ – من اخترع أوّل آلة للخياطة ؟ ومتّى سُجِّلَت ؟
٤ – كيف كانت تعمل آلة « تيمونييه » للخياطة ؟
٦ – كيف قابل عمّال الخياطة في باريس اختراع « تيمونييه » ؟
٧ – كيف قضى « تيمونييه » أيّامه الأخيرة ؟
٨ – ما فضل « قطبة المكّوك » على « قطبة السُلَيْسلة » ؟



غرفة مظلمة (١٦٤٦) .

عدسة التصوير تنفتح على كلّ شيء

متى ثقَبنا جدارَ علبة ما ثقباً صغيراً ، استطعنا أن نرى على الجدار المقابِل صورةً مقلوبة لشيء مُضاء مواجهٍ للثُقب . ذاك كان الاختبار الذي قام به ، في أحد الأيام ، العالمُ الفيزيائيّ النابوليتاني « دِلاّ بورتا » (١٥٣٨ – ١٦١٥) ، في غرفته الخاصّة التي ما كان الضوء يدخلُها الاّ من نافذة ضيّقة . وسرعان ما صُنِعت غرفٌ سوداء نقّالة ، وُسِّعت نوافذُها وزُوِّدت بعدسة مقرِّبة مجمِّعة ، وُضِعت عند بُؤْرتها [١] شاشة !



نيبس وداغير .



جهاز « نيبس » المحفوظ في متحف « شالون – سر – مارن » .

ولكن كيف السبيلُ الى تثبيت هذه الصور وحفظِها ؟ لن يصبحَ التفكيرُ بهذا الاحتمال ممكناً ، الاّ بعد أن يلاحظ العالِم الاسوجيّ « شيل » ، عام ١٧٧٧ ، أنَّ كلورور الفضّة (ملح الفضّة) يَسودّ في النور . بعد هذا بقليل ، كسا العالِمُ الفيزيائيّ « شارل » صدر غرفته السوداء بورقة مبلولة بملح الفضّة ، فارتسمت



فراشة على زهرة ، يُسَجِّل المصوِّر وضعها عن كثب .

على هذه الورقة ملامحُ الأشياء الثابتة في نور الشمس ، والتي وَجَّه نحوها عدسَة غرفته . ولكنّه لم يعرف كيف يثبِّت هذه الملامح . وعبثاً حاول ذلك « هَمفري ديفي » ! الاّ أنَّ شرفَ تذليل [٢] المصاعب التي اعتبرها « ديفي » نفسُه كأداء [٣] لا تذلَّل ، سيعود لعالَمين فرنسيَّين هما : « نِيبس » و « داغير » .

نحن الآن في زمن عرَفت فيه الطباعةُ الحجريّة رواجاً [٤] كبيراً ، أثار اهتمام « نيسيفور نِيبس » (٢٧٦٥ – ١٨٣٣) ؛ ففكّر باستبدال حجر الطباعة بصفيحة معدنيّة صقيلة تُطبع عليها صورة الأشياء ، بنتيجة تأثير الأشعَّة المنيرة على صفحتها اللامعة الحسّاسة . فعمد إلى « قار اليهوديّة » الذي يتغيّر بسرعة إذا ما عُرِض للنور . ولكنّ انطباع صورةٍ لمشهد طبيعيّ ما ، على اللوحة الموضوعة في صدر الغرفة السوداء ، كان يتطلّب عَرضاً لا ينقصُ عن ثماني ساعات ... كان « جاك داغير » (١٧٨٧ – ١٨٥١) الرسَّام الماهر ومخترعُ « الديوراما » (ذاك المشهد الذي عُرِض على الباريسيين سنة ١٨٢٢) ، يقومُ بابحاثه في الاتّجاه عينه . فاتّفق الرجلان على العمل معاً ، وتمكّنا من

تطوير [٥] فنهما. تُوُفيِّ « نيبس » سنة ١٨٣٣ ، وتابع « داغير » أعماله ، فاكتشف المادّة المظهِّرة والمادّة المثِّبتة اللتين لا بدّ منهما ، فكان « الداغيروتيب » الذي نال نجاحاً كبيراً جدّاً (١٨٣٨).

انطلاقاً من هذا الاكتشاف الضخم ، سيتطَوَّر فنُّ التصوير ، فيُذلِّل اللـون ، ويتسلَّل إلى غير المنظور ، بمساعدة المجهر ، والأشعـة المجهولـة وتحت الحمراء والفوبنفسجيّة ، ويسيطر على الحركة بفضل التصوير السينمائيّ . وسيغدو كلُّ شيءٍ قابلاً لأن يُثبَّت في صورة : الآثار التاريخيّة المكتشَفة من علوِّ طائرة ، حركاتُ زهرة تتفتّح ، براكينُ اللهب المتفجِّرة من تاج الشمس ، الجراثيم والفيروسات ، والجُزَيْئات ، وحتى آثارُ الخلايا الأوَّليّة . ولم يعدْ هنالك مضمار ، خارجاً عن نطاق التصوير : إخباريّاً كان أم تربويّاً ، أم فنيّاً ، أم متَّصلاً بالتحرّي [٦] الاجرامي أو البحث العلميّ والصناعيّ .

أمّا المصوِّرون الهواة [٧] الذين لا يُحصى لهم عدد ، فقد وُضِعت تحت تصرُّفهم أجهزةُ تصوير بالغـة التطوُّر متعدّدة الأنواع والأشكال ، فيها الخفيفـة الوزن والآليّة ، وفيها التي تستطيع أن تلتقط صورةَ طائر بعيـد أو حشرة قريبـة ، وتلك التي بوسعها أن تغوصَ سعياً وراء الصور التحمائيّة ، وتلك التي تُعطيك على الفور صورة بيضاء — سوداء أو ملوَّنـة ، وتلك التي تمكِّنـك من الحصول على نتائـج خاصّة ، وتلك الأجهزة البالغة الصِغر ، الصالحة للتجسُّس ، التي تستطيعَ أن تشكُلَها بجيبـك كقلم الحبر ، أو أن تضعَها في معصمـك كالساعـة .

صورة حصل عليها نيبس بعد عرض دام ٨ ساعات .



صورة عائليّة عام ١٨٤٥ . لاحظ ضخامة جهاز التصوير وعربة المختبر المتجوّل الواقفة على الطريق .

التفسير

١ – البؤرة : نقطة التقاء الأشعّة في العين أو في آلة التصوير .
٢ – تذليل المصاعب : التغلّب عليها .
٣ – كأداء : شديدة الصعوبة .
٤ – رواج : شهرة ، انتشار .
٥ – تطوير : تحسين .
٦ – التحرّي : البحث عن الحقيقة .
٧ – هواة : جمع هاوي : غير محترِف .

الاسئلة

١ – كيف صُنعت الغرف السوداء الأولى ؟ وإلى من يعود فضل التفكير فيها ؟
٢ – ماذا لاحظ العالم شيل ؟
ومن طبّق ملاحظته عمليّاً ؟ وكيف ؟
٣ – ما هو فضل « نيبس » في تطوير آلة التصوير ؟
٤ – وما كان فضل داغير في هذا المضمار ؟
٥ – اذكر بعض التطوّرات التي بلغتها أجهزة التصوير الحديثة .

وِلادَةُ حَضَارَة

١ - من الحجر المقطوع إلى مكنات الصناعة ذات الذاكرة • السيطرة على النار • ولادة الكتابة
٢ - الزجاج مادة شفافة • الدولاب جهاز نقل • طيارة الورق ، أكثر من لعبة بسيطة
٣ - آلات قياس الوقت • الورق ، مطية الفكر • الطرقات ، سبل اتصال بين الشعوب
٤ - السيطرة على المعادن • المرآة : من دنيا التبرج الى دنيا العلم • رهط ذاتيات التحرك
٥ - من النظارتين الى المنظار الى المقراب • السهم الناري يصبح آلة تحررنا من الأرض • الصابون والمنظفات المنافسة

التَقنِيَّة تَقوم بأولى تحدِياتها الكَبيرة

٦ - المطحنة المائية والمطحنة الهوائية • البارود • الطباعة من عهد غوتمبرغ الى ... غد
٧ - الأسلحة النارية عدة هلاك • البوصلة • طوق الكتفين ، في طقم الفرس ، خلاص للمرهقين
٨ - «دولاب بسكال» جد الآلات الحاسبة الالكترونية • من المظلة إلى الدبابة • آلات إحداث الفراغ
٩ - التحرك على وسادة من هواء • المجهر في سيطرته على المتناهي الصغر • ميزان الضغط .

منَ الحِرَف اليَدويَّة الى الصِّناعَة

١٠ - الآلة البخارية • من المراكب البخارية الأولى الى السفن الحديثة • من «السلحفاة» الى «الصاعقة»
١١ - المروحة وانطلاق الملاحة ... • من عربة «كونيو» البخارية إلى سياراتنا • غاز الإنارة ...
١٢ - الآلات الالكتروستاتية • شارل «فرنكلين» • من المنطاد إلى البالونات الفضائية .
١٣ - تلغراف «شاب» • من النسيج البدائي الى نول الحياكة • الدراجة الأولى وذريتها .
١٤ - بطارية «ڤولتا» • عيدان الثقاب • السكة الحديدية والقاطرة البخارية .
١٥ - «لينيك» و «الستيتسكوب» • علب المحفوظات التي تعد بالمليارات • التربينات في العمل
١٦ - التلغراف الكهربائي يخترعه رسام ... • آلة الخياطة • عدسة التصوير تنفتح على كل شيء .
١٧ - لوحة الألوان المركبة • المحرك المتفجر يجهز ملايين السيارات • التبنيج المخدر .

العَالَم يُبدّل معَالِم وَجهِهِ

١٨ - الديناميت للسراء والضراء • حفر آبار النفط • من الآلة الكاتبة الى الطابعة الالكترونية
١٩ - صناعة البرد • الدينامو مولد التيار والمحرك الكهربائي • من السيلولويد الى اللدائن .
٢٠ - الميكروفيلم يضع مكتبة في حقيبة • الكلام المنقول في سلك • الترام والقاطرة الكهربائية
٢١ - سلسلة البرد • أديسن والمصباح الكهربائي • من الفونوغراف الحاكي الى الالكتروفون
٢٢ - مجرة الهواء وأجهزة المطاط • عصر الحديد في البناء • انبوب أشعة إكس يقهر الكثافة .
٢٣ - من الفنكستكوب الى السينماسكوب • تسجيل الأصوات والصور • وطواط يخفق بالآمال الرحبة
٢٤ - محرك ديزل يخرج من قداحة • الاتصالات البعيدة المدى تنتقل على موجات الأثير • البيلينوغراف
٢٥ - زجاج لا يجرح • آلات توليد العواصف • الصور السحرية على الشاشة الصغيرة .

مِنَ الذَرّة إلى الفَضَاء

٢٦ - كاشفات الجزيئات الدقيقة • المدفعية الذرية • المجهر الالكتروني عين قادرة على رؤية الفيروسات
٢٧ - الرادار الساحر • من الأنبيق القديم الى ابراج مصافي النفط العالية • المفاعل النووي
٢٨ الترنزيستور والترنزستورات • الأجهزة الفضائية • الأفران التي تتوهج فيها طاقة الشمس

أرسى القرن الثامن عشر علم الكهرباء ، وَأطلق أولى السُفن البُخارية ، والمناطيد والغوّاصات الأولى . وشاهد القرن التاسع عشر الثورة الصّناعيّة بفضل البخار والكهرباء وَالآلة . فيما تكاثرت الاختراعات من كل نوع : منَ القاطرة وَالسّكة الى عيدان الثقاب ، وَمنَ التلغراف إلى التصوير الشمسي ، وَمنَ الدرّاجة إلى التربينة ...

تأليف : ف . لوت
رسوم : ب . بروبست
ترجمة واعداد : سهيل سماحة